

Fiatál rizsnövények tápanyagfelvételének vizsgálata

ZSOLDOS FERENC

Tudományegyetem Növényélettani Intézet, Szeged

Ismeretes, hogy a növény tápanyagfelvétele és az oxigén jelenléte között szoros a kapcsolat. Az O_2 -nek a gyökér ionfelvételében játszott szerepére vonatkozó vizsgálatok nagy részét vízkultúrákban végezték. H o a g l a n d, B r o y e r és mások [9, 10] azt tapasztalták, hogy levágott gyökerekben a sók felhalmozódása a nem levegőztetett vízkultúrában hamarosan megszűnik. Az egyes növények O_2 szükséglete különböző és sok esetben nem is az O_2 parciális nyomása a döntő, hanem a diffúziós sebesség az, amitől a folyamatos O_2 ellátás függ. Kiderült, hogy számos növényfajta még 0,5% O_2 szintű környezetben is képes — ha lassan is — anyagfelvételre, illetve növekedésre [17]. Bár a legtöbb növénynél kimutatták az ionfelvétel és az oxigénszükséglet közötti kapcsolatot, azonban e folyamat részletes menete nem ismeretes.

A sejt anyagfelvételének egyik közismert elméletét L u n d e g a r d h dolgozta ki. Elképzelése szerint a sók egy speciális redox-rendszer között mozognak, ahol az anionszállító citokróm-rendszer különböző oxidáltsági fokú. Az anionlégzésre épülő elméletet elég sokan elismerik, de vannak ellenzői és módosítói is [4, 7, 11, 20]. Abban azonban csaknem valamennyi modern felfogás megegyezik és egyben a légzés fontos szerepére utal az, hogy a növény ionfelvétele aktív folyamat, amelynek előfeltétele az oxigén jelenléte. Szükségesnek tartjuk megemlíteni, hogy L u n d e g a r d h újabb elképzeléseit jellemzi a más, rokon elméletek beolvasztására való törekvés [3, 13].

Más elképzelése van a növények anyagfelvételéről az ún. „szállító”-elméletnek, amelynek megalkotójaként van H o n e r t-et és O s t e r h o u t-t lehet megjelölni [3, 11]. Ez jelenleg a legáltalánosabban elfogadott anyagfelvételi elmélet. Ennek lényege, hogy a növényi sejtekben az anyagszállítás során olyan ionkötő csoportok (*akceptorok*) képződnek, amelyek képesek szervesen ionokat megkötni és a határfelületen átvinni.

Mint említettük, L u n d e g a r d h eredeti klasszikus ionfelvételi vázolata feltételezi, hogy O_2 gradiens alakuljon ki a gyökér felszíne és a központi szövetthenger között, vagyis a külső közegből befelé haladva a gyökér szövetében egyre csökken az O_2 koncentráció. E feltételezés nélkülözhetetlen volt a szállító edényekbe történő anyagbejutás megvilágítása szempontjából. Később, amint erre utaltunk, a szerző módosította ezt az elképzelést [13]. Ismerünk ugyanis olyan növényeket, ahol a gyökér környezetében gyakorlatilag anaerob körülmények uralkodnak. Elsősorban ide tartoznak a vízi és mocsári növények, köztük igen fontos kultúrnövényünk a rizs. Mint ismeretes, a rizsnövény — legalábbis a nálunk köztermesztésben álló fajtái — tenyészidejük nagy részében árasztást igényelnek. Az árasztás következtében a talajban néhány nap elteltével anaerob viszonyok alakulnak ki [14]. Így az emlí-

tett O_2 gradiens egyáltalán nem jöhet létre, márpedig nem valószínű, hogy a rizs anyagfelvétel és szállító mechanizmusa különbözzék más növényektől [19].

Ez a jelenség nagyon érdekes elméleti és gyakorlati problémát vet fel, nevezetesen azt, hogy lényegében miért kíván a rizs árasztást, amikor nem tekinthető tipikusan sem vízi, sem mocsári növénynek [21]. Az irodalomban ezzel kapcsolatban kevés utalást és magyarázatot találunk, így a kérdés továbbra is részben nyitottnak tekinthető [12].

Mivel a gyökerek normális élettevékenysége általában az O_2 jelenlétéhez kötött, felvetődik a kérdés, hogy a rizsnövény ionfelvétele és annak beépítése az elárasztott talajban kialakult anaerob viszonyok között miképpen mehet végbe. A problémakörre vonatkozó irodalom meglehetősen hiányos és sok esetben ellentmondó [14, 18, 22]. A kísérletek csak egyes részletvizsgálatokra vonatkoznak [1, 24], és nem is próbálnak összefüggést keresni a rizsnövény anyagcsere jellegzetességei és ionfelvétele között. Általában olyan ionok felvételét vizsgálták, amelyek bár analitikailag könnyen meghatározhatók, de a növények anyagcseréjében ez idő szerint nem döntő jelentőségűek.

Jelen dolgozatunkkal, a N és P felvétel tükrében, az O_2 -nek az anyagfelvételen betöltött szerepét kívánjuk megvilágítani. A külső közeg O_2 -jének az anyag beépítésében játszott szerepéről más alkalommal számolunk be.

Anyag és módszer

A kísérleti növényeket félszteril homoktenyészetekben neveltük. A magvakat vetés előtt csapvízben duzzasztottuk, illetve petricsészében a maghéj megpattanasáig előcsíráztattuk. A magvak keléséig a homok vízkapacitás 80%-nak megfelelő nedvességet biztosítottunk, majd kelés után sekélyen árasztottuk. Az ily módon nevelt rizsnövényeknek mind a gyökérzete, mind a föld feletti szerve jól fejlődött.

A homok kultúrából a növényeket Hoagland-féle tápoldatba helyeztük. Összehasonlítás céljából árpát neveltünk hasonló körülmények között, árasztás nélkül. Az ionfelvételre a tápoldatból való fogyás alapján következtettünk, összehasonlítva a tápoldat P és N tartalmát a kísérlet kezdetén és végén. A tápoldat koncentrációját, illetve a kísérleti időt úgy választottuk meg, hogy az egyes elemek mérhető mennyiségben legyenek jelen a kísérleti idő végén is. A P-t Fiske-Subarov módszerével az NH_4 -N-t pedig Nessler-reagens segítségével fotometriásan határoztuk meg.

A tápoldatban az aerob és anaerob körülményeket levegő, illetve nitrogén átbuborékolásával biztosítottuk. Minden esetben számításba vettük a baktériumos fertőződés lehetőségét, ezért a kísérleti idő hossza, ugyanabban a tápoldatban maximálisan 8 óra volt. A vizsgálatokhoz négy sorozatban, minden alkalommal 5 paralel beállításával 50—50 növényt használtunk. A paralelek és a sorozatok átlagos középhibája 5% alatt van, tehát a különbségeket szignifikánsoknak kell tekinteni. A kísérletek ideje alatt a hőmérséklet 20—22 °C között ingadozott.

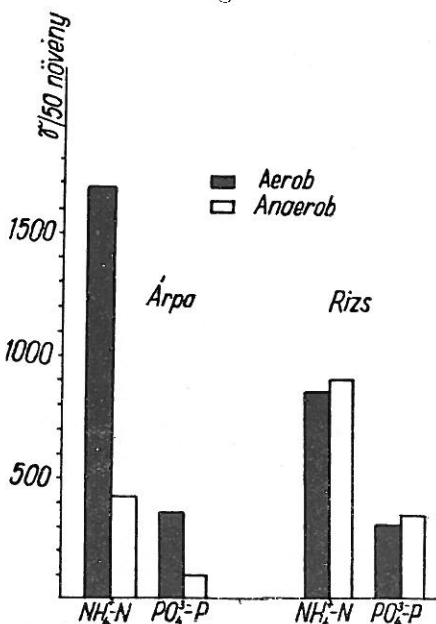
Kísérleti eredmények

Tápanyag felvételi vizsgálataink során két fontos tápelem, a N és P felvételét vizsgáltuk. Amint az 1. ábrán látható, az árpánál a levegőztetés mindkét ion felvételét kedvezően befolyásolja, míg a nitrogén buborékolás

a tápoldaton, a kialakult anaerob viszonyok miatt, mind a P, mind a N felvételét erősen gátolja. A rizs esetében az aerálás hatása egyáltalán nem pozitív, ugyanakkor az anaerob viszonyok sem gátolják az ionfelvételt. Tehát az árpa és a rizs ionfelvételében, aerob és anaerob viszonyok között éles különbség mutatkozik. Ezt a kísérletet megismételtük több rizsfajttával, hogy megismerjük az egyes fajták között esetleg fennálló különbségeket. A 2. és 3. ábra adatai szerint az egyes fajták közel azonos módon reagálnak az aerob, illetve anaerob viszonyokra. Mindössze egy fajtánál — a *Linea 45*-nél — tapasztalható az oxigén buborékoltatás kis-mértékű kedvező hatása. A *Hokkaido Early*-nél tapasztalt különbség nem szignifikáns.

A föld feletti szerv eltávolítása, vagy elárasztása, amint a 4. ábrából kitűnik, az ionfelvételi viszonyokat megváltoztatja. Anaerob körülmények között a hajtástól megfosztott gyökerek ionfelvétele fokozatosan csökken, viszont az aerálás ugyanakkor kedvező hatású az anyagfelvételre.

Elárasztott (a hajtás víz alá kerül) rizsnövények ionfelvétele aerált közegben látszólag kedvező, azonban amint erre később rámutatunk, egyéb életfolyamatok nem tekinthetők optimálisnak. Anaerob közegben a teljesen elárasztott növények tápanyag felvétele erősen gátolt. Ez a jelenség ismételtén az O_2 ellátottság, illetve a légzés fontos szerepére utal.

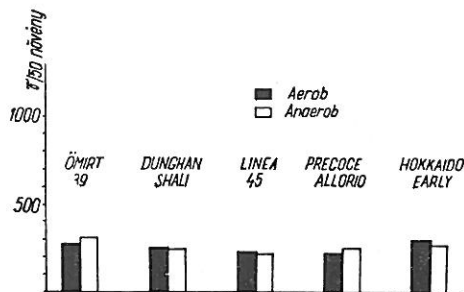


1. ábra

Az aerob és anaerob feltételek hatása az árpa és a rizs ionfelvételére

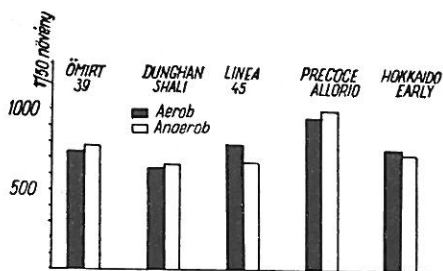
Eredmények értékelése

A kísérleti eredmények és az irodalmi adatok egybevetése alapján természetesen felvetődik a kérdés, hogy a rizs lényegében O_2 igényes növény-e,



2. ábra

Az aerob és anaerob feltételek hatása különféle rizsfajták PO_4-P felvételére



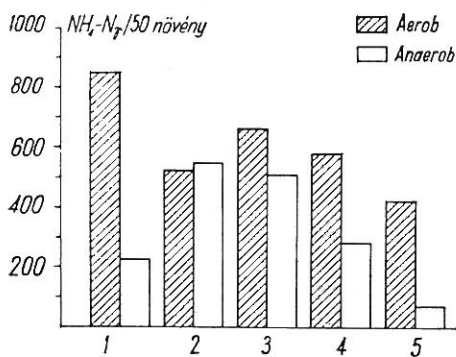
3. ábra

Az aerob és anaerob feltételek hatása különféle rizsfajták NH_4-N felvételére

vagy pedig más növényektől eltérően a gyökér környezetében anaerob feltételeket kíván.

Mint láttuk, az intakt növényeknél az aerálás nem bizonyult pozitív hatásának (1., 2. és 3. ábra). Ezek alapján tévesen arra következtethetnénk, hogy a rizs nem O_2 igényes növény. A föld feletti szerv eltávolításával az anyagfelvétel viszonyai teljesen megváltoznak, ami egyrészt az O_2 igényességre, másrészt pedig a hajtás fontos szerepére hívta fel figyelmünket.

Mivel a gyökér közvetlen környezetéből az oxigénszükségletét nem fedezheti, túlnyomó részben minden bizonnyal a föld feletti szervek látják el ezt a feladatot. Ezek alapján kísérleti eredményeink jól magyarázhatók.



4. ábra

Az alarmerülés mértékének hatása a rizs ionfelvételére. 1. Árpa gyökér tápoldatban. 2. Rizs gyökér tápoldatban. 3. Rizs gyökér + hajtás $\frac{2}{3}$ -a tápoldatban. 4. Rizs egész növény tápoldatban alarmerítve. 5. Rizs hajtás nélküli — dekapitált — gyökér tápoldatban.

Mind az aerob, mind az anaerob körülmények hatástalansága intakt növényeknél és a levegőztetés kedvező hatása a hajtástól megfosztott gyökerek esetében azzal magyarázható, hogy ha a szár oxigén szállítása kielégítő, a külső közeg oxigén viszonyai a gyökerek anyagcsere folyamatait lényegesen nem befolyásolják. Az anaerob viszonyok közvetve az esetben lehetnek károsak a rizsre, amikor az anyagcsere folyamatokat zavaró mérgező anyagok (pl. H_2S , CO_2) a gyökér közvetlen környezetében halmozódnak fel [2, 15, 23, 27].

Megemlítjük ezzel kapcsolatban Vlamis és Davis [24] kísérleteit, akik jelentős K felvételt mutattak ki olyan tápoldatból, amelyen CO_2 -t buborékkoltattak keresztül. Vizsgálataink során mi ilyen esetben sohasem tapasztaltunk ionfelvételt. Ez ért-

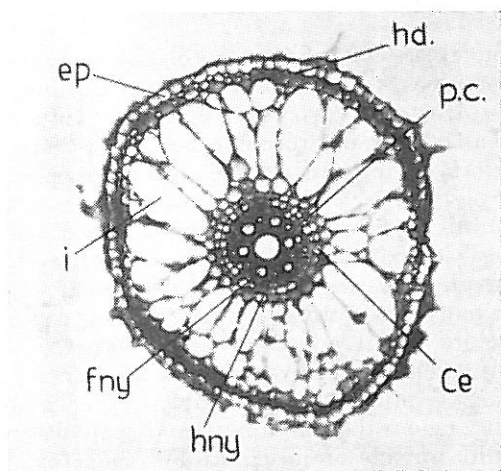
hető is, hiszen a gyökerek felületén felhalmozódó szén-sav gátolja az anyagcserében szerepet játszó enzimikus folyamatokat és természetesen a tápanyagok felvételét is, amit Michael és munkatársai búzagyökereken meggyőzően kimutattak [16].

Ismeretes, hogy a vízinövények gyökerében, hajtásában és levelében nagy intercellulárisokat, aerenchymákat találunk, amelyek egyrészt a vízben lebegést, másrészt az oxigén ellátást biztosítják. A rizs esetében valószínűleg ez utóbbi lehet a döntő, amint erre ion felvételi és anatómiai vizsgálataink utalnak (4., 5. és 6. ábra).

A fiatal gyökér keresztmetszetén gyökérszőrrel borított egy sejtsor vastagságú *rhizodermis* alatt (*ep*) sclerenchymatikus sejtekből felépülő *hypoderma* (*hd*) látható, mely a gyökér szilárdításában fontos szerepet játszik. Az elsődleges kéregben, az ún. levegőtartó alapszövetben (*aerenchymában*), melynek legfelső sejtsora Caspary-pontos *endodermis* (*Ce*), csaknem teljesen uralkodnak az O_2 szállítást biztosító hatalmas *intercellulárisok* (*i*). A központi hengerben a *pericambiumon* (*pc*) belül radiális (*polyarch*) nyaláb *hánacs- és faelemei* (*hny*, *fny*) végzik az anyagszállítást. A levélhüvely keresztmetszete

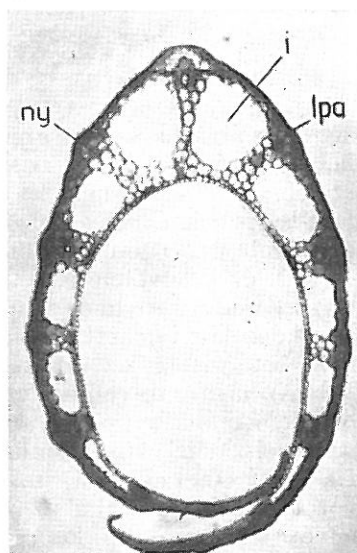
ugyanesak jellemző felépítésű, ahol a szállítóyalábokat (*ny*) jól felismerhető *levélérparenchyma* (*lpa*) öleli körül.

A rizs gyökerében viszonylag kevés plazmadús sejtet találunk, mely többek között a rizsnövény vízháztartása szempontjából kedvezőtlen hatású lehet. Valószínűleg ezzel magyarázható, hogy a rizs más növényekhez viszonyítva vízveszteséggel szemben sokkal érzékenyebb. A nemesítői munka szempontjából jelentőséggel bírhat az a megfigyelésünk, hogy a barnulósos betegséggel szemben ellenállónak ismert *Precoce Allorio* feltűnően jobban elviseli a vízhiányt, illetve az ún. „*fiziológiai szárazságot*”, mint pl. a kitűnő minőségű, de fogékony *Dunghan Shali* rizsfajtánk.



5. ábra

Rizs gyökér keresztmetszet



6. ábra

Rizs levélhüvely keresztmetszet

Ezek a kísérleti adatok megerősítik azt a feltevést, hogy a rizsnek nemcsak csírázásához szükséges az oxigén, amint azt Erügin kifejti [6], hanem későbbi fejlődési szakaszaiban is. Helytelen tehát az a régi felfogás, mely szerint a rizs nem oxigénigényes növény.

A gyakorlatból ismeretes, hogy a pangó, oxigénben szegény víz, különösen magas árasztás esetén, nem kedvező a rizs számára [21]. Kísérleti eredményeink szerint ez azzal magyarázható, hogy megnehezül a hajtás oxigén ellátása és ezáltal a légzés, aminek következtében a biokémiai folyamatok egyensúlya felborul és a hidrolitikus folyamatok túlsúlyba jutnak [26]. Fiatal rizs számára tehát a „sekély” árasztás legmegfelelőbb, amit sajnos gyakorlatban sok esetben nehéz megvalósítani.

A magas vízborítás különösen fiatal növényeknél káros lehet azáltal is, hogy nagymértékben hátráltatja a gyökér fejlődését. Ez pedig közvetve a növény táplálkozásában zavart idézhet elő, mivel ezáltal csökken az anyagfelvevő felület [8, 26]. Vetés előtt történő bőséges N trágyázás még hátrányo-

sabb helyzetet teremthet, mivel ez önmagában is kedvezőtlenül befolyásolja a gyökér fejlődését [25].

Vizsgálatainkból arra következtethetünk, hogy nagyon fontos a rizsnövény árasztásának, illetve az árasztóvíz magasságának szem előtt tartása. Gyomirtás céljából, különösen a növény korai fejlődési szakaszában történő magas árasztás, élettani szempontból nem tekinthető kedvezőnek. Ezért, amennyire a gyakorlati körülmények lehetővé teszik, gondoskodnunk kell a rizsnövény számára optimális árasztási feltételek megteremtéséről. Az elmondottakból az is világos, hogy különböző agrotechnikai eljárásoknál, illetve ezek kidolgozásánál, *fiziológiai szempontokat* messzemenően figyelembe kell venni.

Összefoglalás

Az árasztás okozta anaerob feltételek a gyökér környezetében különleges helyzetet teremtenek a rizsnövény ásványos táplálkozása számára és ennek számos kérdése még nem tekinthető tisztázottnak. A rizs gyökérzete nem fedezheti teljes mértékben a külső közegből a O_2 szükségletét. Ezért megvizsgáltuk az aerob és anaerob körülmények hatását elsősorban két fontos tápelem — a N és P felvételére.

Kísérleti eredményeink, az általunk vizsgált körülmények között azt az elképzelést támasztják alá, hogy a gyökérszint aerob, illetve anaerob volta nem befolyásolja az intakt rizsnövények N és P felvételének intenzitását.

A hajtás eltávolítása vagy víz alá merülése esetén a levegőztetés kedvező hatásúvá válik a gyökér anyagfelvételére, tehát a gyökérben lejátszódó, az anyagfelvétellel közvetlenül kapcsolatos élettani folyamatok O_2 -igényesek. Ha a szár O_2 -szállítása, pl. magas árasztás miatt nem kielégítő, úgy ez kedvezőtlenül befolyásolja az ionfelvételt. Ez esetben feltehetően a tápanyagfelvétellel szorosabb kapcsolatban álló anyagszerezési folyamatok károsodnak. Fontos tehát szem előtt tartani a rizs gyökér és hajtás O_2 -ellátottságának lehetőségeit a különböző öntözési eljárások alkalmazásánál.

Érkezett: 1959. február 23.

Irodalom

- [1] Alberda, T.: Growth and root development of lowland rice and its relation to oxygen supply. *Plant and Soil*. **5**. 1—18. 1953.
- [2] Baba I., Takahashi Y., & Itawa, I.: Nitrogen metabolism as affected by hydrogen sulphide. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan* **21**. 233—236. 1953.
- [3] Böszörményi Z. & Osek E.: Az anyagfelvétel kérdései. Kézirat. Budapest 1958.
- [4] Burström, H.: Mineralstoffwechsel. *Fortschritte der Botanik*. **13**. 250—268. 1951.
- [5] Burström, H.: Mineralstoffwechsel. *Fortschritte der Botanik*. **17**. 509—529. 1955.
- [6] Erügin, P. O.: Fiziologiceszkije osznovü orosenyija risza. (A rizs öntözésének fiziológiai alapjai). Akadémija Nauk SSSR. Moszkva. 1950.
- [7] Epstein, E.: Mechanism of ion absorption by roots. *Nature*. **171**. 83—84. 1953.
- [8] Frenyó V.: Növényélett. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1959.
- [9] Hoagland, D. R. & Broyer, T. C.: General nature of the process of salt accumulation by roots with description of experimental methods. *Plant Physiol.* **11**. 471—507. 1936.
- [10] Hoagland, D. R. & Broyer, T. C.: Accumulation of salt and permeability in plants cells. *Gen. Physiol.* **25**. 865—880. 1942.
- [11] Jacobson L. & Overstreet R.: A study of the mechanism of ion absorption by plant roots using radioactive elements. *Am. J. Bot.* **34**. 415—420. 1947.

- [12] *Kruzsilin, A. Sz.* : Biologiceszkie oszobennoszti orosaemüh kultur. (Öntözött növények biológiai tulajdonságai). Szél' hozgiz. Moszkva. 1954.
- [13] *Lundegardh, H.* : Mechanism of absorption, transport accumulation and secretion of ions. Ann. Rev. Plant Physiol. **6**. 1—24. 1955.
- [14] *Malavolta, E.* : Studies on the nitrogenous nutrition of rice. Plant Physiol. **29**. 98—99. 1954.
- [15] *Michael G. & Bergmann W.* : Bodenkohlensäure und Wurzelwachstum. Z. PflErnähr. Düng. **65**. 180—194. 1954.
- [16] *Michael G.* : Rádióaktív foszforral végzett újabb kutatások eredménye. Agrokémia és Talajtan. **8**. 9—26. 1959.
- [17] *Page, J. G. & Bolman, G. B.* : Mineral Nutrition of Plants. Wisconsin. 133—166. 1953.
- [18] *Patrick, W. H. & Sturgis, M. B.* : Concentration and movement of oxygen as related to absorption of ammonium and nitrate nitrogen by rice. Soil Science Soc. Am. Proc. **19**. 59—62. 1955.
- [19] *Raalte, M.* : On the oxygen supply of rice roots. Ann. Jard. Bot. Buitenzorg. **50**. 99—114. 1940.
- [20] *Robertson, R. N.* : The mechanism of absorption. Encyclopedia of Plant Physiol. **2**. 449—467. 1956.
- [21] *Somorjai, V. & Járányi, Gy.* : Rizstermesztés. Mezőgazd. Kiadó. Budapest. 1954.
- [22] *Takahashi, J., Yanagisawa, M., Kono, M., Yazawa, F. & Yoshida, T.* : Studies on nutrient absorption by crops. Japan. 1955.
- [23] *Vámos, R.* : Összefüggés a szikesedés, a bruzone és a talaj nitrogén bősége között. Agrokémia és Talajtan. **5**. 193—200. 1956.
- [24] *Vlamis, J. & Davis, A. R.* : Effects of oxygen tension on certain physiological responses of rice, barley, and tomato. Plant Physiol. **19**. 33—51. 1944.
- [25] *Zsoldos, F.* : Untersuchungen über die Entgiftungsprozesse des Ammoniaks bei Reispflanzen. Acta Biol. Szeged. **4**. 59—63. 1958.
- [26] *Zsoldos, F.* : Az árasztás hatása a különböző nitrogénvegyületek hasznosítására fiatal rizsnövényeknél. Növénytermelés. **8**. 125—130. 1959.
- [27] *Zsoldos, F.* : Changes in the free amino acids of rice seedlings induced by low temperature and H₂S. Current Science. **28**. 123—124. 1959.

ИЗУЧЕНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ У МОЛОДЫХ РАСТЕНИЙ РИСА

Ф. Жолдош

Кафедра Физиологии растений Университета Естествознания Сегед (Венгрия)

Резюме

Анаэробные условия, вызванные затоплением, создают особое положение для питания риса. В отличие от других растений, корневая система его при затоплении почвы не может обеспечить себя O₂ необходимым для поглощения и превращения питательных веществ. В связи с этим исследовали влияние аэробных и анаэробных условий на поглощение двух важнейших питательных элементов, на азот и фосфор. Для сравнения взяли ячмень. На рис. 1. хорошо видно, что у ячменя аэрация благоприятно влияет на поглощение обоих ионов, в то же время анаэробные условия, вызванные пропусканием азота через питательный раствор, сильно тормозили поглощение как фосфора, так и азота. В случае растений риса, в отличие от ячменя, пропускание азота или воздуха через питательный раствор не вызвало значительного изменения в ходе поглощения ионов. При постановке опытов с несколькими сортами оказалось, что за исключением линии 45, отдельные сорта примерно одинаково реагировали на аэробные и анаэробные условия (рис. 2, 3).

Если надземная часть растений затопляется водой, или подвергается декапитализации, тогда обнаруживается другое явление. В этом случае аэробные условия влияют благоприятно, а анаэробные оказывают неблагоприятные влияния. Этот факт указывает на важную роль надземной части в снабжении растений кислородом (рис. 4, 5, 6).

Если надземная часть в достаточной степени снабжает растение кислородом, тогда аэробные или анаэробные условия вокруг корней не влияют значительно на поглощение питательных элементов. Анаэробные условия могут быть токсичными только для риса, так как при таких условиях накапливаются вблизи корней вещества ядовитые для растений.

На основе результатов можно установить, что высокое затопление с целью уничтожения сорняков не является благоприятным с точки зрения поглощения и использования питательных веществ. Можно предполагать, что в таких случаях ущерб приносится процессом обмена веществ, связанным с поглощением ионов. Глубокое затопление может быть вредным для молодых растений из-за торможения роста корней, что вызывает снижение поверхности поглощения веществ.

Рис. 1. Влияние аэробных и анаэробных условий на поглощение ионов у ячменя и риса.

Рис. 2. Влияние аэробных и анаэробных условий на поглощение $\text{PO}_4\text{—P}$ различными сортами риса.

Рис. 3. То же при поглощении $\text{NH}_4\text{—N}$ различными сортами риса.

Рис. 4. Влияние степени затопления на поглощение ионов у риса. 1, ячмень (корни в питательном растворе). 2, рис (корни в питательном растворе). 3, рис (2/3-ая часть корней в питательном растворе). 4, рис (все растение затоплено в пит. растворе). 5, рис (корни без надземной части после декапитации в питательном растворе).

Рис. 5. Поперечный разрез корня риса и *Рис. 6.* влагалище листа риса.

Studies on the Nutrient Uptake of Young Rice Plants

F. ZSOLDOS

Department of Plant Physiology, University of Szeged, Hungary

Summary

Mineral nutrition of rice plants is complicated by the anaerobic conditions evoked by irrigation. The irrigated soil in which rice plants are rooted is unable to supply the oxygen necessary for the metabolism of the root system. The effect of anaerobic conditions on the uptake of nitrogen and phosphorus by young rice plants have therefore, been studied and compared to the effect exerted by the same conditions on the mineral nutrition of barley. Results summarized in Fig. 1 show, that in the case of barley, aeration of the water culture affects favorably the uptake of both N and P and anaerobic conditions, established by bubbling N_2 through the solution result in a significant decrease in the uptake of both nutrients. The uptake of the same nutrients by rice plants grown under the same conditions is, on the other hand, insensitive to either O_2 or N_2 bubbled through the water culture. In further experiments different rice varieties were compared in this respect. All these — with the only exception of the commercial variety *Linia 45* — behaved in the same way under aerobic and anaerobic conditions (Figs. 2 and 3).

In case the aerial portions of rice plants are submerged or decapitated, the above statements are no more valid. N and P uptake is increased in both cases by aeration and decreased by anaerobic conditions (Figs. 4, 5, and 6), these changes being indicative of the role of shoots in the oxygen supply of rice roots. Until the oxygen transported by the shoots is sufficient for the normal metabolism of roots, the oxygen content of the external medium has no decisive role in the mineral nutrition of rice. Anaerobic conditions might only damage the crop by the accumulation of toxic products in the immediate environment of the roots. It is concluded from the above results, that high irrigation levels applied for the suppression of weeds is certainly unfavourable also for the mineral nutrition of the crop. The more a metabolic process is dependent on ion uptake, presumably the more it is damaged by high irrigation levels. Moreover, anaerobic conditions might also retard the development of the root system of young plants resulting in a decreased surface for mineral uptake.

Fig. 1. The effects of aerobic and anaerobic conditions on the ion uptake of rice and barley plants.

Fig. 2. The effects of aerobic and anaerobic conditions on the PO_4 -uptake of different rice varieties.

Fig. 3. The same as fig. 2. but with NH_4 -nitrogen.

Fig. 4. The effect of submersion on the ion uptake of rice plants. Column 1: barley, only the roots submerged into the nutrient solution. Column 2: rice, only the roots submerged into the nutrient solution. Column 3: rice, roots and $\frac{2}{3}$ of the shoots submerged. Column 4: rice, whole plants submerged in the nutrient solution. Column 5: rice roots submerged, shoots excised.

Fig. 5. Cross section of a rice root, and *Fig. 6.* a leaf sheath of rice.